

中国第三纪植被和植物区系历史及分区*

陶 君 容

(中国科学院植物研究所, 北京 100044)

THE TERTIARY VEGETATION AND FLORA AND FLORISTIC REGIONS IN CHINA

TAO JUN-RONG

(*Institute of Botany, Academia Sinica, Beijing 100044*)

Abstract The development or adaptation radiation of angiosperms has been closely related to the paleoclimate and paleoenvironment. Several environmental factors, influencing each other, have affected the evolution or development of angiosperms, which falls into different stages. The lines between these stages are not consistent with the traditional geological ages. Floristic regionalization might be better based on the stages of the development.

Angiosperms have become important or dominant elements in the flora since the middle and late period of the Late Cretaceous. The development of angiosperms may be divided into four stages: (1) Initial stage: The angiosperms were not yet well established during the Early Cretaceous. The number of species and individuals was limited, the leaf small, mostly with entire margin, irregular venation and poor differentiation of venation; (2) Flourished stage: The angiosperms increased dramatically and became abundant. The leaf was larger with more regular venation and the differentiation of venation was remarkable. The percentage of angiosperms was from 40%—60% in the flora, and eventually arose, becoming predominant, with important families well presented. This was probably from the Late Cretaceous to the Early Tertiary; (3) Herbs—Flourished stage: Some of woody plants were extinct, while herbs greatly increased, because of the changes in climate, sea level and mountain uplift during the Neogene period; (4) Quaternary stage: The mountain glacier in China, influenced by global glacial—interglacial alternation due to the climatic fluctuation, advanced and regressed during the Quaternary. The climatic fluctuation apparently affected the distribution of plants. But the components of the flora were similar to or slightly different from the features of the present one.

The aim of the present paper is to discuss the floristic regions at the second and third

* 国家自然科学基金资助项目(9390010)。本文蒙吴征镒教授审阅并提出指导性意见, 特此致谢。
1990.08.23 收稿。

stages.

The Late Cretaceous—Early Tertiary stage:

A. The Late Cretaceous—Paleogene flora of northern China

1. Warm—temperate to subtropical deciduous broad-leaved and conifer forests in North and Northeastern China

2. Dry subtropical flora of Northwestern and Central China

B. Southern China Late Cretaceous—Paleogene flora

3. Deciduous and evergreen forests with coniferous elements in the subtropical coastal region of east China

4. Evergreen forests of South China

5. Evergreen forests of lower mountains in the Tethys

The Neogene stage—Herbs—flourished stage:

1. Temperate forests and grasslands to semidesert—desert floras of northwestern China;

2. Warm temperate deciduous forests of north and northeastern China;

3. Warm temperate to subtropical deciduous and evergreen forests of central and east China;

4. Evergreen forests of the subtropical and tropics mangrove vegetation of south China;

5. Subtropical evergreen and deciduous forests on the Yunnan and Xizang plateau.

Key Words Tertiary; Cretaceous; Vegetation; Angiosperms; Floristics; Evolution

摘要 被子植物的发展(或称辐射)是与古气候、古地理环境密切相关的,诸因素的变化相互影响及制约,形成植物发展的阶段性。这种阶段变革及划分与传统的地质时代划分——断带,不尽一致,因而讨论植物地理分区问题应以发展的不同阶段为基础,致使分区更为合理。

在晚白垩纪中晚期,被子植物已成为植物区系中的优势成分,从它出现以来的发展演化大致可划分为四个阶段:(1)初始期 被子植物初次出现,具有叶形小、叶边全缘、叶脉缺乏规律性、脉级分化程度低等原始性特点,同时在区系中的种数及个体数量均为极少数,此时大约在早白垩纪的中晚期;(2)极盛时期 被子植物发展具有一定规模至占绝对优势,此时叶形增大,叶脉有了规律性,脉级分化逐渐完善,在植物区系中所占比例达40%—60%,以致占绝对优势,主要科属出现了,时间在晚白垩至老第三纪;(3)草本植物繁盛阶段 由于在新第三纪时气候逐渐转凉,早期的一些木本植物消灭了,以草本植物渐增多至大量扩散为特点,时间约在中新世至上新世;(4)第四纪阶段 此时我国由于山岳冰川随全球性气候冷暖变化而进退,影响植物的分布及发展,植物区系的总面貌与现代接近或略有差别。

本文亦重点讨论了植物发展的第二、第三阶段的植物地理分区。

关键词 第三纪;白垩纪;植被;被子植物;区系;演化

被子植物,普遍认为在新生代最繁盛,因此一般把新生代称为被子植物时代。但被子植物并不是从新生代才兴盛的,而是在中生代后期就繁盛了。现对被子植物起源的时间尚无定论,这亦正是人们所感兴趣而且进行探索的原因之一。现在可靠的化石证据,是出现在早白垩纪中晚期(花粉证据出现在早白垩世的巴列姆期),以此时间为限,被子植物已

出现了大约一亿多年(白垩纪距今约 1.35 亿年)。传统的地质时期的划分,是以动物的兴衰为依据,把动物界的变革期作为一个地质时代过渡到另一个地质时代的分界。但长时期来,许多从事古植物研究的学者,总结出植物界发展的变革期与动物界的不一致,前者早于后者。但对出现被子植物占优势以后的情况,尚未给予足够的注意。笔者依据总结晚白垩纪到早第三纪的植物区系未表现出明显的区系转变,此阶段在气候上也没有重大的间隔,在组成植物区系成分上无重大变化,因而在讨论植物区系的演化发展时,往往和地质时代的界线划分不一致。

一、我国第三纪前的地质地理特征

在中生代晚期燕山运动之后,我国东部和西部大陆发生了重要的变化。从中生代晚三叠纪开始的西部拗陷带基本消失,而大兴安岭、太行山、武陵山之东侧转化为大规模断陷。此时,东亚大陆边缘的前沿已向东推移到北海道东部、四国和九州中部,以及台湾东部一线。在燕山晚期运动之后,中国东部大陆和邻近海区发生了重大变化,在大陆区主要表现为西部上隆,东部下陷。陕甘宁盆地和川滇盆地进一步缩小,到晚白垩世的末期,几乎全部升起。

由于古地形的差异,造成气候各异,深刻影响着动植物界的发展、演变及分布。古代植被格局如同现代一样,主要受大气温度、湿度及抬升作用的控制。据氧同位素测定,白垩纪是全球性强烈温暖的时期,当时从赤道至极地范围内其温度较现今高。最温暖的时期,与现今热带-亚热带条件相似的地带,大约可延伸到 45°N 和 70°S , 这个带以外为暖温带-寒温带气候。在较低纬度带以强烈的干旱为特征,但类似于现今极地的气候尚未得到证实(L. A. 弗雷克斯 1984)。由此,在白垩纪时,地球气候带的扩展可能是亚热带环流圈的下降空气更接近极地,比现在高 15°C 左右,而温带气候几乎可延伸到极地,至少比现今高 20°C 。在晚白垩纪时,太平洋暖流影响到亚洲的东岸,印度洋暖流在特提斯海北岸周围以西北方向稳定地向极地移动,相伴的暖风影响我国,其气候极为温暖,使我国东北部具有丰富的雨量,西部和南部雨量少。

二、新生代时期的地质地理特征

早第三纪时期,由于印度板块和欧亚板块的靠近,我国西部的山系渐渐升起,在始新世时期,太平洋暖流和印度洋环流仍然存在,此时的气候以明显的南北分带为特征,但气候带的延展方向却与现今纬度有一定交角。秦岭山地在气候分带上不如现在重要,而古燕山、古阴山及古南岭的影响却很明显(Li Haomin 1984)。中部干旱带占据我国大部分地区,在中部干旱带的南北各有一潮湿带,这时的植物以北部潮湿带最为丰富。早第三纪以后,随着南潮湿带向北扩展和太平洋潮湿带的加强,到晚第三纪时,气候发生了变化(王鸿祯 1985; L. A. 弗雷克斯 1984)。

晚第三纪,由于青藏高原以及广阔的西北地区隆起上升,印度洋的海风不能长驱直入,东部的季风亦不能到达,故在西北地区转向更为干旱的气候。我国东部的东海、黄海和日本海及我国的南海开始出现,台湾和海南岛上升成岛屿。直到晚上新世,我国西部的很多山脉进一步抬升,喜马拉雅和唐古拉山系抬升至 3000m 以上,而青海、西藏高原已高

于 2000m, 新疆的塔里木盆地和青海省的柴达木盆地变为干旱地区。到更晚时期, 干旱地区进一步向东扩展至甘肃的西部, 塔里木盆地变成沙漠, 而青海和甘肃的部分地区变为半干旱区。

到第四纪, 我国的地形几乎与现在一致或稍有不同。在冰期时, 我国北部出现了渤海湾, 南部的海南岛又一次与大陆相连, 后来由于地槽沉降而形成海峡。我国东部的大兴安岭和小兴安岭已升起, 北部的太行山和内蒙古高原及黄土高原已形成。此时, 喜马拉雅和西藏高原迅速抬升。到早更新世, 西藏高原上升至 3000m, 晚更新世已达到 4000m, 全新世上升至 4500—5500m。与此同时, 我国北部的山系进一步抬升, 内蒙古、山西、陕西和甘肃的部分地区成为高原。日本南部的岛屿和亚洲大陆彼此相连, 台湾和海南与主要大陆相连。

三、气 候

在晚白垩纪时, 我国主要位于热带和亚热带地区, 大约在 5° — 40° N 的位置, 我国最北部亦是暖温带气候。由于太平洋板块向西北运动及印度板块向欧亚板块的靠近, 从晚白垩纪至第四纪, 使我国向北移动了大约 10° — 13° 。由于地理位置的向北移动及西部地区的抬升活动, 一系列大山系在西部升起, 气候由暖渐变得较凉 (Hsü Ren 1983)。

晚白垩纪时, 在东部由于太平洋暖流影响亚洲东岸, 在西部由于印度洋暖流影响, 相伴的暖风在我国形成暖的气候, 因而东北部具有丰富的雨量。

到始新世时期, 太平洋暖流和印度洋环流仍然存在。Frakes 和 Kemp (1972) 以氧同位素测定沿亚洲东岸太平洋暖流区的年平均温度是 33°C , 而印度洋暖流区为 37°C , 推算出北京周围的年平均温度略高于 20°C 。在同一时期, 其他地区的气候状况和晚白垩纪相似。在北京南面和辽宁南部出现了一些大的湖泊, 所以这一地区的气候可能比早期更潮湿。

在渐新世时期, 太平洋环流沿我国南部海岸流动, 虽然洋流的方向与前期相同, 但此时的年平均温度下降至 18°C , 印度洋环流的温度降至 34°C , 此时北京地区的年平均温度约为 10 — 12°C 。在渐新世时我国秦岭南部的气候暖且潮湿, 北部的气候略干且稍凉。

到晚第三纪时, 年平均温度下降了 7°C — 10°C 左右。我国西南部一系列山系升起更高, 如喜马拉雅山 (此时至少有 2500—3000m 高)、昆仑山和横断山等, 阻挡了来自印度洋的季风, 使青海地区的气候变得更干更凉, 而我国东部暖且潮湿。在中部从西至东有祁连山和秦岭横贯, 阻隔了来自西伯利亚的冷气流, 致使我国南部暖而潮湿。根据近年对我国更新世地质的研究结果, 除秦岭太白山外, 我国东部山区没有可靠的冰川证据。我国东北部的气候变得更冷且更干, 属温带气候。南部和西南部及沿海地区的年平均温度和降雨量较高, 均属热带气候。进入第四纪时, 温度明显下降。

四、被子植物的兴起及演化特点

根据我们研究的早白垩纪中晚期至第三纪各时期植物化石记录表明, 其区系组成的演变、发展, 具有明显的阶段性, 这种阶段性特点实际上在欧亚、北美的同时代植物区系中亦表现明显。总结被子植物的演化发展, 大致可分为以下几个阶段: (1) 初始期: 此时的植

物是以蕨类和裸子植物为主,其间出现极少的被子植物生于林下灌木层或草本层,其地质时代约在早白垩世中期或稍晚的时期。以我国东北吉林省延吉盆地大拉子组(早白垩世的阿普第期)的植物组合,主要有真蕨类 12 种,裸子植物的苏铁类 3 种,银杏类 2 种,松柏类 10 余种及一些分类位置不明的裸子植物,其中被子植物仅 10 余种(陶君容等 1990),它们是:

Rogersia angustifolia, *Saliciphyllum longifolium*, *Sapindopsis magnifolia*, *Sterculophyllum elegans*, *Sassafras* sp., *Ficophyllum* sp., *Ranunculophyllum pinnatisectum*, *Clematites lanceolatus*, *Carpolithus brookensis*, *Carpolithus* sp. 该区系中被子植物的种数及个体数量均极少。在地面上的植被主要是高大的裸子植物及林下的蕨类植物,少量先锋被子植物类群夹生其间。当进入较晚时期,大约在 Albian 期,植物组合中被子植物的种及个体数均有所增加。此阶段发现于我国黑龙江林甸县泉头组的植物化石及孢粉(陶君容等 1980),大化石有 *Cladophlebis*, *Onychiopsis*, *Ginkgo*, *Taxodium*, *Metasequoia*, *Saliciphyllum*, *Dryophyllum*, *Platanus*, *Protophyllum*, *Viburniophyllum*, *Celastrorphyllum* 等,同层岩性经孢粉分析,其组合特点仍以蕨类及裸子植物占优势,但被子植物的属种有所增加,并突出表现在叶形、脉级分化及叶脉规律性均比前期的被子植物更为进化。在 Cenomanian-Turonian 时,被子植物发展开始进入第二阶段。(2)极盛时期:此阶段的前期,被子植物在区系中的总比例从 40%到 60%,主要科属开始出现。以黑龙江嘉荫县太平林场(晚白垩世的赛诺期至土仑期),及松辽平原的青山口组和嫩江组及吉林珲春组(晚白垩世)(张志诚 1985;郭双兴 1983)的植物化石,蕨类植物有 *Asplenium*, *Arctopteris*, *Cladophlebis*, *Equisetum*, 裸子植物有 *Ginkgo*, *Taxodium*, *Metasequoia*, *Pityophyllum*, *Cupressinocladus*, 被子植物有 *Macclintockia*, *Trochodendroides*, *Platanus* 多种, *Tiliaephyllum*, *Pterospermites* 数种及 *Viburnum*, *Nordenskioldia*, *Laurophyllum*, *Trapa* 等, *Saliciphyllum*, *Schisandra*, *Celastrorphyllum*, *Grewiopsis*, *Dryophyllum*, *Diospyros*, *Protophyllum* 等。根据苏联对与嘉荫县同一盆地——察加扬组(晚白垩世)的植物化石研究结果(Красилов 1976),植物较丰富,其中被子植物 30 余种,除前面所列,还有 *Nymphaeites*, *Menispermities*, *Celtis*, *Alnus*, *Myrica*, *Cyclocarya*, *Palilionaceaphyllum*, *Nyssa*, *Credneria*, *Diplophyllum* 等。至晚白垩世晚期,被子植物得以大量繁衍,以黑龙江省嘉荫县乌云组(晚白垩世的马斯特里赫特期)的植物化石为例(陶君容等 1986),蕨类有 *Gleichenites*, *Cladophlebis* 数种, *Thelypterites*, *Osmunda*, 裸子植物有 *Ginkgo*, *Metasequoia*, *Sequoia*, *Glyptostrobus*, *Taxodium*, *Thuja*, 被子植物有 *Nymphaeites*, *Menispermities*, *Trochodendroides*, *Trochodendron*, *Tetracentron*, *Protophyllum*, *Pseudoprotophyllum*, *Planera*, *Alnites*, *Alnus*, *Betula*, *Corylites*, *Cyclocarya*, *Populus*, *Sorbaria*, *Bauhinia*, *Trapa*, *Aralia*, *Celastrorphyllum*, *Zizyphus*, *Ampelopsis*, *Cissus*, *Tiliaephyllum*, *Credneria*, *Pterospermites*, *Viburnum*, *Debeya*, *Typha* 等,该组组合的特点是前期的悬铃木类减少,则出现以昆栏树科、连香树科、桦木科、椴树科、杨柳科、鼠李科、葡萄科、梧桐科、防己科及分类位置不明的绝灭植物 *Protophyllum* 等,裸子植物仍保持有红杉、水杉、落羽杉等,蕨类植物的比例明显减少,被子植物在区系中的比例几达 80%,这一特征持续进入第三纪初。以辽宁抚顺古城子组(中科院植物所等 1978)及吉林舒兰组(郭双兴 1983),延边地区珲春组上部及黑龙江依兰达连河组(始新

世)的植物化石,蕨类植物有 *Woodwardia*, *Osmunda*, *Lygodium*, *Salvinia*, 裸子植物有 *Ginkgo*, *Keteleeria*, *Pinus*, *Glyptostrobus*, *Metasequoia*, *Sequoia*, *Taxodium*, *Torreya*, 被子植物有 *Populus*, *Comptonia*, *Alnus*, *Betula*, *Corylus*, *Carpinus*, *Fagus*, *Dryophyllum*, *Quercus* 数种, *Zelkova*, *Celtis*, *Nelumbo*, *Trochodendron*, *Cercidiphyllum*, *Schisandra*, *Cinnamomum*, *Lindera*, *Hydrangia*, *Hamamelites*, *Fothergilla*, *Cercocarpus*, *Rosa*, *Acacia*, *Mimosites*, *Phellodendron*, *Ailanthus*, *Rhus*, *Acer*, *Koelreuteria*, *Meliosma*, *Paliurus*, *Rhamnus*, *Zizyphus*, *Ampelopsis*, *Firmiana*, *Fraxinus* 多种, *Viburnum* 数种及单子叶植物 *Sparganium*, *Sabalites*, *Smilax* 等(贺超兴硕士论文,待发表)。此阶段北方气候温暖湿润,南方气候干热,因而南方地区的植物化石较为贫乏,但总的仍是被子植物极盛。此后大约进入中新世,由于山体抬升活动、气候发生大变革等影响,植物发展步入第三阶段。(3)草本植物繁盛阶段:进入中新世时期,有一段气候暖温阶段,被子植物持续保持优势,其组成逐渐发生了变化,即草本植物迅速繁盛起来。以山东山旺植物群(中国科学院植物研究所等 1978)及内蒙古平庄上部层位所产大植物化石(张志诚 1986),蕨类和裸子植物极少,被子植物有 *Magnolia*, *Cinnamomum*, *Lindera*, *Litsea*, *Ceratophyllum*, *Fothergilla*, *Hamamelis*, *Liquidambar*, *Aphananthe*, *Celtis*, *Ulmus*, *Zelkova*, *Ficus*, *Castanea*, *Quercus* 3 种, *Alnus* 2 种, *Betula*, *Carpinus* 9 种, *Corylus*, *Ostrya*, *Carya*, *Juglans*, *Platycarya*, *Pterocarya*, *Polygonum*, *Carrieria*, *Stachyurus*, *Salix* 3 种, *Populus* 4 种, *Diospyros*, *Tilia* 3 种, *Firmiana*, *Commersonia*, *Mallotus*, *Hydrangea*, *Amelanchier*, *Cotoneaster*, *Eriobotrya*, *Malus*, *Prunus*, *Rosa*, *Spiraea*, *Physocarpus*, *Crataegus*, *Albizia*, *Cercis*, *Gleditsia*, *Indigofera*, *Gymnocladus*, *Sophora*, *Puraria*, *Wisteria*, *Pistacia*, *Rhus*, *Astronium*, *Ailanthus*, *Evodia*, *Phellodendron*, *Zanthoxylum*, *Chukrasia*, *Toona*, *Tapiscia*, *Acer* 多种, *Koelreuteria* 数种, *Sapindus*, *Aesculus*, *Meliosma*, *Cornus*, *Kalopanax*, *Celastrus*, *Euonymum*, *Berchemia*, *Hovenia*, *Paliurus*, *Zizyphus*, *Ampelopsis*, *Vitis*, *Tetrastigma*, *Fraxinus*, *Paulownia*, *Catalpa*, *Lonicera*, *Aristolochia*, *Viburnum*, *Potamogeton*, *Cyperalites*, *Graminae* 等。但到中新世晚期气候渐变凉,一些木本植物向南迁移或绝灭,同时出现大量草本植物,如一些以草本植物为主的科属藜科、蓼科、唇形科、伞形科、菊科、莎草科、禾本科等逐渐趋于繁盛。这一发展特点在新第三纪所产植物大化石中不显,若从同层位孢粉分析的资料来看,便显现出这一特点。如山旺化石点的两个层位,下部为山旺组(中中新世),上部为尧山组(中新世中晚期)(刘耕武 1986;宋之琛等 1964),其中草本植物花粉的含量及出现的属种向上逐渐增多,尤其到上新世草本植物增多更为突出。(4)第四纪阶段:第四纪气候逐渐变凉,此时我国虽无明显的大陆冰川,但有山岳冰川。由于受全球气候波动(冰期—间冰期)影响,山岳冰川时进时退,影响着植物的分布,但第四纪的植物区系组成大体与现代相近或略有区别。

总结被子植物发展的规律具有阶段性,这种阶段性与传统的地质时代的断带——古新世、始新世、渐新世、中新世——的划分不一致,只有在认识其发展特点——发展中纵向的规律性,以此为基础来讨论植物地理区,即横向的分布规律,才使植物地理分区以合理的依据。

(一)白垩纪的植物区系

在早白垩纪的中晚期,被子植物处于初兴阶段,未曾在植被中成为优势。到晚白垩纪的早期至晚期,被子植物迅速繁衍而达绝对优势。在晚白垩纪至老第三纪时期,即前面所述的第二阶段——被子植物极盛时期,我国植物区系依据其组成的主要特征,可划分成两个大的植物区,即北方和南方两个区(带)。这个界线明显受从西至东的山系影响,在南面的植被总是属亚热带,而北面多是暖温带至亚热带的植物面貌。

美国古植物学家 Berry (1937) 和 Axelrod (1952), 把白垩纪时期世界的植物区系划分为北极白垩纪植物区、热带白垩纪植物区和南极白垩纪植物区。后苏联的 Takhtajan (1969) 把白垩纪时北半球的植物区系划分成二个明显的植物区, 即北方白垩纪植物区和特提斯植物区, 前者和北极植物区相当, 后者和热带植物区相当。北方白垩纪植物区是温带性质, 主要由中生落叶阔叶的乔灌木组成, 亦有银杏、红杉、水杉等针叶植物及少量蕨类。该植物区广泛分布在北美的北部, 包括北极、格陵兰, 欧洲的北部、中部和东北部, 哈萨克斯坦、西伯利亚和远东、朝鲜和日本北部。古地中海白垩纪植物区主要是亚热带性质, 以常绿阔叶的乔灌木和部分落叶阔叶植物组成, 包括樟科、冬青科和常绿的壳斗科、棕榈科、桃金娘科、山龙眼科等。这一植物区广泛分布在北美南部、英国南部、欧洲南部、波罗的海、高加索、里海南部、土库曼、中亚和我国大部分地区及蒙古。在该区的南面是一广阔的季节性干旱带, 从西班牙及非洲北部扩展穿越亚洲西部至中部直到我国东部、印度支那的北部。从沉积岩的资料说明在古地中海白垩纪植物区的南面是古热带白垩纪植物区, 该区分布在尼日利亚、埃及、叙利亚、伊拉克和伊朗、马来西亚等 (Hsü Ren 1983)。红树林植被的化石资料分布在古地中海区的岛屿及其北岸 (Takhtajan 1969)。

根据我国几十个化石产地的植物化石研究资料, 总结了被子植物在区系中所起的作用及区系组成的演变规律, 提出了晚白垩纪以来植物区系发展的四个阶段, 每一个阶段植物区系的分区有其特有的格局, 这就是笔者初步总结的植物区系分区, 具体如下:

1. 北方晚白垩纪—老第三纪植物区系

晚白垩纪至老第三纪时, 我国东北及西北部属于北方白垩纪植物区, 根据主要属种又可划分为 2 个亚区: (1) 中国北部和东北部暖温带—亚热带针阔叶混交林区: 该区植物极其丰富, 发现的植物化石是迄今我国最富有的, 主要为中生森林。以黑龙江省的嘉荫县乌云 (陶君容等 1986)、太平林场 (张志诚 1985) 及依兰县的达连河、吉林省的珲春、辽宁的抚顺所发现的植物化石, 新疆北部的阿勒泰 (郭双兴等 1984) 亦包括在本区内。主要为木本植物, 本区主要化石属有 *Ginkgo*、*Taxodium*、*Sequoia*、*Metasequoia*、*Glyptostrobus*、*Podocarpus*、*Pityophyllum*、*Cupressinocladus*、*Thuja*、*Torreya*、*Keteleeria*、*Pinus*、*Nymphaeites*、*Menispermities*、*Trochodendroides*、*Trochodendron*、*Tetracentron*、*Protophyllum*、*Pseudoprotophyllum*、*Exbucklandia*、*Hamamelites*、*Cinnamomum*、*Lindera*、*Schisandra*、*Alnus*、*Alnites*、*Betula*、*Corylites*、*Cyclocarya*、*Populus*、*Salix*、*Sorbaria*、*Bauhinia*、*Trapa*、*Aralia*、*Celastrorphyllum*、*Platanus*、*Cercidiphyllum*、*Pterocarya*、*Ficus*、*Comptonia*、*Nelumbo*、*Dryophyllum*、*Quercus*、*Fagus*、*Zizyphus*、*Ampelopsis*、*Cissus*、*Credneria*、*Tiliaephyllum*、*Pterospermities*、*Viburnum*、*Debeya*、*Cocculus*、*Clematis*、*Pilea*、*Smilax* 等。这些植物化石包括了大量温带类型, 如 *Alnus*、*Betula*、*Corylus*、*Populus*、*Salix*、*Tilia* 及一些暖温带至亚热带的植物, 如 *Metasequoia*、*Sequoia*、*Glyptostrobus*、

Platanus, *Tetracentron*, *Cyclocarya*, *Myrica*, *Nymphaea*, *Trochodendron*, *Cercidiphyllum* 等, 种类十分丰富。热带至亚热带的成分如 *Bauhinia*, *Cissus*, *Pterospermites*, *Dombeya*, *Dombeyopsis*, *Grewiopsis* 和一些绝灭的古老类型 *Pseudoprotophyllum*, *Dryophyllum* 等。

(2) 西部及中部干旱植物区: 本区具有暖温带向亚热带过渡的特色, 植物化石属种较少, 更无白垩纪的植物化石发现。根据孢粉资料, 在老第三纪有 *Abies*, *Picea*, *Tsuga*, 森林分布在准噶尔盆地北部高山上, 在低海拔处有雪松森林、落叶阔叶植物由 *Betula*, *Alnus*, *Carpinus*, *Quercus*, *Castanea*, *Juglans*, *Pterocarya*, *Carya*, *Magnolia*, *Tilia*, *Acer*, *Rhus* 及银杏等组成, 少数 *Elaeagnaceae* 的分子共同组成的森林散布在山脚。本区发现的植物大化石产地有甘肃、陕西(陶君容 1965)、河南、湖北、湖南、四川(陈明洪 1983)、云南西北部(陶君容等 1989)、江西、广东三水等, 虽分布面积广, 但植物种类稀少, 典型的代表植物是 *Palibinia* 属, 还有少数杨梅科的 *Comptonia*, 榆科、豆科、夹竹桃科、荨麻科的 *Debregezia*, 五加科的 *Araliophyllum* 等(陶君容 1965; 陶君容等 1989)。该区的这些植物化石普遍叶形较小、叶质地较厚、叶脉密度大、叶缘具密的锯齿等, 显示生活在气温较高及较干旱环境下的植物特征。

2. 南方晚白垩纪至老第三纪植物区

由于从晚白垩纪至老第三纪时我国西部至东部有一干旱带, 在干旱带南部为潮湿带, 至今发现的植物化石比较稀少, 尤其晚白垩纪尚无可靠记载。根据本区所发现的植物化石, 以组合特征, 可划分为三个区: (3) 东部沿海亚热带针阔叶混交林区, 本区包括江苏、浙江和福建。此时与海岸线平行的山系升起, 根据孢粉资料来看, 是一些落叶阔叶和常绿阔叶混交林分布于此, 如榆科的 *Ulmus*, *Zelkova*, *Aphanathe*, *Celtis*, *Trema*, 桦木科的 *Alnus*, *Carpinus*, 榛科的 *Corylus*, *Ostrya*, 胡桃科的 *Carya*, *Pterocarya*, *Juglans* 等, 裸子植物有 *Pinus*, *Keteleeria*, *Cedrus*, *Picea*, *Abies*, 分布在山区, 一些热带至亚热带分子如 *Abelia*, *Rhus*, *Proteaceae*, *Magnoliaceae*, *Oleaceae*, 分布在平地(Wang et al. 1979; Song et al. 1981), 裸子植物 *Taxodiaceae* 更加繁盛, 说明该区气候更为潮湿。(4) 南部亚热带至热带植物区, 该区包括我国南部的广东、广西及南海的岛屿。迄今本区的植物大化石发现极少, 少数化石点的时代尚有争议, 如海南岛的长昌盆地, 早期定为新第三纪, 后又订为老第三纪, 对该区植物化石并未详细深入研究, 就研究过的少数化石有 *Osmunda*, *Lygodium*, *Cinnamomum*, *Nelumbo*, *Citrus*, *Ocotea*, *Nectandra*, *Dryophyllum* 和 *Sabalites* 等(Guo 1965), 多是热带至亚热带的植物。根据该区的孢粉资料, 反映出是常绿落叶阔叶与针叶混交林, 主要植物是 *Ulmaceae*, *Loranthaceae*, *Sapotaceae*, *Rutaceae*, *Fagaceae*, *Juglandaceae* 及金缕梅科的 *Liquidambar*, 桦木科的 *Alnus*, 杨柳科的 *Salix* 等, 裸子植物有 *Taxodiaceae* (Song 1982)。从孢粉组合看, 仅反映了大范围的植被组成。(5) 古地中海低山常绿阔叶林区: 本区包括西藏、云南等地。区内无白垩纪的被子植物化石, 在老第三纪时, 喜马拉雅开始抬升, 部分陆地出现, 但水域范围仍很宽阔。在西藏地区的日喀则秋乌组(耿国仓等 1982), 噶尔县的门土组及拉孜县的柳区组(陶君容 1988) 发现的植物化石有 *Juglandites*, *Quercus*, *Ficus*, *Cassia*, *Celastrus*, *Eucalyptophyllum*, *Litseaephyllum*, *Laurophyllum*, *Daphnogene*, *Magnolia*, *Uvaria*, *Annona*, *Lithocarpus*, *Casealpinites*, *Willisia*, *Sapindus*, *Nephelium*, *Meliosma*, *Viburnum*, *Phrynium*, *Livistona*

等, 组成了热带至亚热带的常绿阔叶林, 几乎不具 *Alnus*, *Betula* 等温带落叶阔叶类型(图 1)。

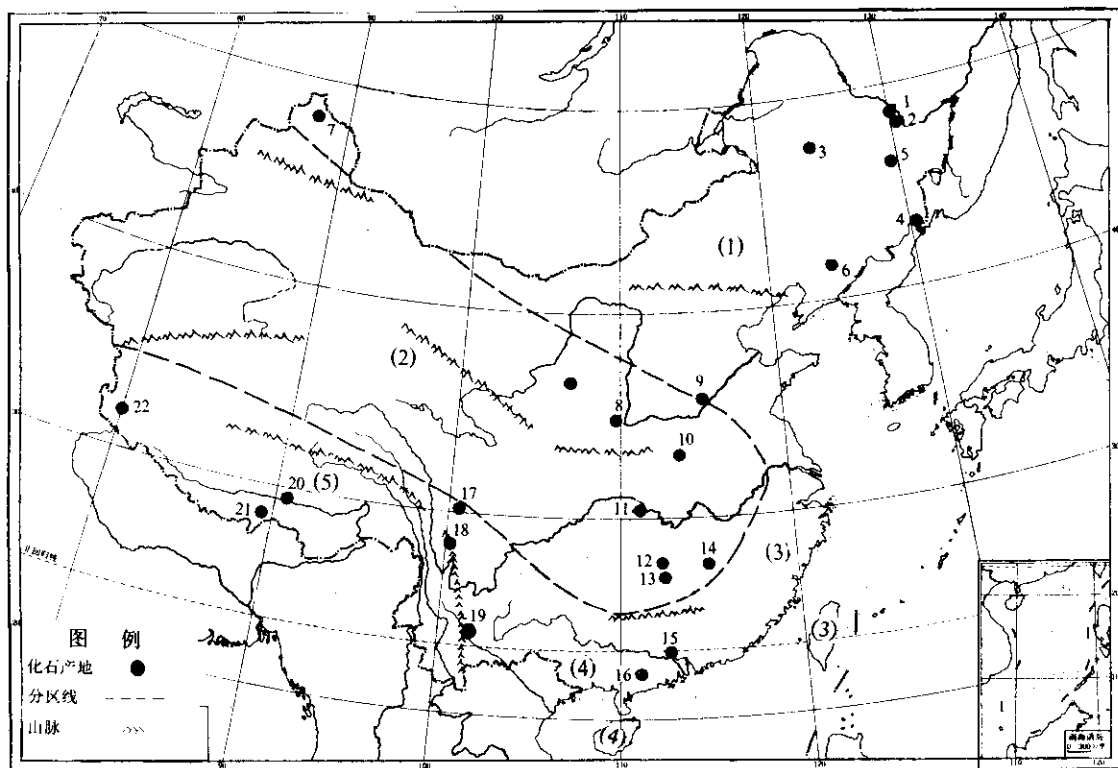


Fig. 1 Late Cretaceous–Paleogene Floristic regions of China

1. Taiping–Linchang of Jiayin County; 2. Wuyin Formation of Jiayin county; 3. Lindian of Heilongjiang Province; 4. Hunchun of Jilin; 5. Yilan of Heilongjiang; 6. Fushun of Liaoning; 7. Altay of Xinjiang; 8. Weinan of Shaanxi; 9. Boyang of Henan; 10. Wucheng of Henan; 11. Qianjiang of Hubei; 12. Xiangxiang of Hunan; 13. Hengyang of Hunan; 14. Qingjiang of Jiangxi; 15. Sanshui of Guangdong; 16. Maoming of Guangdong; 17. Lijiang of Yunnan; 18. Litang of Sichuan; 19. Jinggu of Yunnan; 20. Xigazê of Xizang; 21. Sa'gya of Xizang; 22. Moineer of Xizang.

(1) Warm–temperate to subtropical deciduous broad–leaved and conifer forests in North and Northeastern China;

(2) Dry subtropical flora of Northwestern and Central China;

(3) Deciduous and evergreen forests with coniferous elements in the subtropical coastal region of east China;

(4) Evergreen forests of South China;

(5) Evergreen forests of lower mountains in the Tethys.

(二) 新第三纪的植物区系

到新第三纪时, 我国所处的纬度比前期更偏北, 趋于接近现代, 植物区系组成更为复杂, 草本植物大量繁衍起来, 即前面所述的发展第三阶段。被子植物持续着优势地位, 根据区系组成主要属种的相似性可划分为:

1. 西北地区温带至暖温带森林和草原、荒漠至半荒漠区: 本区包括新疆、青海、甘肃, 向东扩展到内蒙, 植物大化石资料研究极少, 在青海泽库发现的植物化石有 *Salix*, *Cercis*, *Leguminosites*, *Podogonium*, *Acer*, *Ranunculus*, *Typha*, *Phragmites*, *Cyperacites* 等

Table 1 Main Genera of Late Cretaceous to Tertiary plants
from China and their distribution

genera \ time	Cretaceous	Paleocene	Eocene	Oligocene	Miocene	Pliocene
	L M U	L U	L M U	L U	L M U	L U
Equisetum	_____		_____			
Asplenium		_____				
Artopteris		_____				
Cladophlebis	_____					
Gleichenites		_____				
Thelypteris			_____			
Osmunda		_____	_____			
Woodwardia		_____	_____			
Lygodium			_____			
Salvinia			_____			
Ginkgo	_____		_____			
Taxodium		_____	_____			
Metasequoia	_____		_____		_____	
Sequoia	_____		_____			
Pityophyllum	_____					
Glyptostrobus		_____	_____	_____		
Cupressinocladus	_____			_____		
Thuja		_____		_____	_____	
Torreya			_____			
Pinus			_____	_____	_____	
Keteleeria			_____	_____	_____	
Ditaxocedrus		_____				
Sabina			_____			_____
Chamaecyparis			_____			
Calocedrus				_____		_____
Picea					_____	_____
Magnolia			_____	_____	_____	_____
Annona				_____		
Uvaria				_____		

(郭双兴 1983), 裸子植物有 *Taxus*, 几乎全是分布于温带地区的落叶乔灌木植物。从孢粉资料看有 *Larix*, *Picea* 森林分布在阿尔泰山区, *Sabina* 分布在新疆北部山区, 在山脚分布着落叶阔叶林, 主要植物是 *Salix*, *Populus*, *Ulmus*, *Betula*, *Alnus*, *Corylus*, *Juglans* 和

续表

	Cretaceous			Paleocene		Eocene			Oligocene		Miocene			Pliocene	
	L	M	U	L	U	L	M	U	L	U	L	M	U	L	U
Cinnamomum															
Lindera															
Litsea															
Laurophyllum															
Machilus															
Phoebe															
Nothaphoebe															
Sassafras															
Nelumbo															
Nuphar															
Nymphaeites															
Ceratophyllum															
Schisandra															
Trochodendron															
Trochodendroides															
Cercidiphyllum															
Tetracentron															
Exbucklandia															
Fothergilla															
Hamamelis															
Liquidambar															
Platanus															
Protophyllum															
Pseudoprotophyllum															
Credneria															
Debregesia															
Pilea															
Aphananthe															
Celtis															
Ulmus															
Zelkova															
Ficus															
Morus															

Tilia 等。在平原地区覆盖着的草地有 *Artemisia*、*Ephedra* 及藜科的植物。塔里木盆地的大部分为草原, 有少数乔木 *Taxodiaceae*、*Palmae*、*Myrtaceae*、*Lauraceae*、*Magnoliaceae*、

续表

	Cretaceous	Paleocene	Eocene	Oligocene	Miocene	Pliocene
	L M U	L U	L M U	L U	L M U	L U
Fagus			—	—	—	—
Castanea				—	—	
Castanopsis					—	
Lithocarpus				—	—	—
Quercus			—	—	—	—
Dryophyllum	—		—			
Planera	—					
Alnus			—		—	
Alnites	—					
Betula	—		—	—		
Corylus			—		—	
Corylites	—					
Ostrya					—	
Carpinus			—		—	
Comptonia			—	—	—	
Myrica				—	—	—
Carya				—	—	
Cyclocarya	—					
Engelhardtia					—	—
Juglans					—	—
Platycarya					—	
Pterocarya		—			—	—
Clematis		—				
Clematites	—	—				
Ranunculophyllum	—					
Menispermities	—	—				
Cocculus		—			—	
Polygonum		—			—	
Carrierea		—			—	
Stachyurus		—			—	
Ardisa		—			—	
Populus		—			—	—
Salix		—	—		—	—

Anacardiaceae, Ulmaceae, *Quercus*, *Juglans* 等散生在北部山脚 (Hsü et Li 1980)。亚高山针叶林主要植物是 *Pinus*, *Cedrus*, *Abies*, *Tsuga* 和 *Juniperus*, 分布在昆仑山的北坡, 落

续表

	Cretaceous			Paleocene		Eocene			Oligocene		Miocene			Pliocene	
	L	M	U	L	U	L	M	U	L	U	L	M	U	L	U
Saliciphyllum															
Diospyros															
Tilia															
Tiliaephyllum															
Sterculia															
Commersonia															
Firmiana															
Pterospermites															
Mallotus															
Hydrangea															
Ribes															
Amelanchier															
Cercocarpus															
Cotoneaster															
Crataegus															
Eriobotrya															
Exochorda															
Malus															
Physocarpus															
Prunus															
Rosa															
Sorbaria															
Sorbus															
Spiraea															
Acacia															
Albizzia															
Bauhinia															
Cassia															
Campylotropis															
Cercis															
Dalbergia															
Desmodium															
Entada															

叶的 *Quercus*, *Castanea*, *Alnus* 分布在谷地。柴达木盆地主要为草原, 由蓼科、藜科、莎草科和麻黄等组成 (Hsü et al. 1958)。在俄毕海从中亚退出之后, 一些地中海成分如桤柳

续表

	Cretaceous	Paleocene	Eocene	Oligocene	Miocene	Pliocene
	L M U	L U	L M U	L U	L M U	L U
Erythrophloeum						
Gleditsia					—	
Gymnocladus					—	
Indigofera					—	
Lespedeza			—			
Minosites			—			
Pithecolobium					—	—
Pueraria					—	
Sophora				—	—	
Wisteria					—	
Leguminosites					—	—
Podogonium					—	
Terminalia				—		—
Trapa	—		—		—	—
Rhus					—	
Pistacia					—	
Astronium					—	—
Ailanthus			—		—	
Evodia					—	
Phellodendron			—		—	
Zanthoxylum					—	
Chukrasia					—	
Toona					—	
Tapiscia					—	
Acer				—	—	—
Eucalyptophyllum						—
Koeleria			—		—	
Sapindus					—	
Aesculus					—	
Meliosma			—	—	—	
Cornus					—	
Alangium					—	
Aralia	—					

科、蕁藜科的 *Nitraria* 等迁移到柴达木盆地和甘肃,并在局部地区出现盐沼植被。

2. 北部和东北部暖温带落叶阔叶林区: 本区植物大化石的资料, 经详细研究过的较

续表

	Cretaceous			Paleocene		Eocene			Oligocene		Miocene			Pliocene	
	L	M	U	L	U	L	M	U	L	U	L	M	U	L	U
Kalopanax											—				
Oreopanax						—									
Celastrus											—				
Celastrophyllum	—														
Euonymus											—				
Alphitonia											—				
Berchemia											—				
Hovenia											—				
Paliurus			—								—				
Rhamnella						—									
Rhamnus						—					—				
Zizyphus											—				
Ampelopsis			—			—					—				
Cissus			—												
Tetrastigma											—				
Vitis						—					—				
Eurya											—				
Osmanthus											—				
Strychnos											—				
Fraxinus						—					—				
Jasminum									—		—				
Mussaenda				—											
Wendlandia											—				
Palibinia						—									
Lonicera											—			—	
Viburnum						—					—				
Viburnophyllum			—												
Paulownia											—				
Catalpa											—				
Potamogeton											—				
Sparganium			—			—									
Phrynium						—									
Livistona						—									
Sabalites						—			—						

少。东北地区有吉林省永吉、舒兰一带的水曲柳组及珲春县、敦化盆地的土门子组, 河北围场及内蒙古昭盟平庄等地所产植物化石, 主要种类有 *Picea*、*Pinus*、*Taxodium*、

Metasequoia, *Fokinia*, 其中 *Taxodium* 和 *Metasequoia*, *Fokinia* 极少, 被子植物有 *Ulmus*, *Celtis*, *Zelkova*, *Populus*, *Alnus*, *Betula*, *Corylus*, *Carpinus*, *Quercus*, *Castanea* 及少量的 *Litsea*, *Cercidiphyllum*, *Rosa*, *Comptonia*, *Tilia*, *Grewia*, *Diospyros* 等。东北的三江平原和华北北部地区均属于本区, 主要是落叶阔叶林。

3. 我国中部至东部暖温带至亚热带落叶和常绿阔叶混交林区: 本区包括华北的南部至我国中部长江中下游与南岭山脉以北的地区。以著名的中新世山旺植物群为代表, 种类极其丰富, 约 130 余种(中国科学院植物研究所等 1978)。山旺植物群中虽有很多落叶阔叶植物, 但其中具有很多亚热带的常绿及落叶阔叶的植物, 该区主要属有 *Magnolia*, *Cinnamomum*, *Lindera*, *Litsea*, *Ceratophyllum*, *Fothergilla*, *Hamamelis*, *Liquidambar*, *Aphananthe*, *Celtis*, *Ulmus*, *Zelkova*, *Schisandra*, *Ficus*, *Castanea*, *Quercus*, *Alnus*, *Betula*, *Carpinus*, *Corylus*, *Ostrya*, *Juglans*, *Platycarya*, *Pterocarya*, *Polygonum*, *Carrieria*, *Stachyurus*, *Salix*, *Populus*, *Diospyros*, *Tilia*, *Firmiana*, *Commersonia*, *Mallotus*, *Hydrangea*, *Amelanchier*, *Cotoneaster*, *Eriobotrya*, *Malus*, *Prunus*, *Rosa*, *Spiraea*, *Physocarpus*, *Crataegus*, *Albizia*, *Cercis*, *Gleditsia*, *Indigofera*, *Gymnocladus*, *Sophora*, *Pueraria*, *Wisteria*, *Pistacia*, *Rhus*, *Astronium*, *Ailanthus*, *Evodia*, *Phellodendron*, *Zanthoxylum*, *Chukrasia*, *Toona*, *Tapiscia*, *Acer*, *Koelreuteria*, *Sapindus*, *Aesculus*, *Meliosma*, *Cornus*, *Kalopanax*, *Celastrus*, *Euonymus*, *Berchemia*, *Entada*, *Rhamnus*, *Hovenia*, *Paliurus*, *Zizyphus*, *Vitis*, *Tetrastigma*, *Fraxinus*, *Viburnum*, *Paulownia*, *Catalpa*, *Lonicera*, *Potamogeton*, *Cyperalites*, *Graminae* 等。在本区其他化石点有江苏南京六合县灵岩石六合组(李浩敏等 1987), 其植物组成有的与山旺的属种相同, 此外还有主要分布于亚热带地区的两属 *Cocculus*, *Entada* 出现。

4. 南部亚热带至热带常绿阔叶林和红树林区: 本区包括长江中下游以南、云南南部至西南部至东南部、广西、广东、福建、海南、台湾等地区。本区植物群的种属最为丰富, 在许多地点发现植物化石, 尤以云南西南部最丰富, 如滇西南的临沧、腾冲、梁河等地的植物化石 70 余种, 主要有樟科及壳斗科的常绿类型 *Castanopsis*, *Lithocarpus*, 杨梅科的 *Myrica*, 胡桃科的 *Engelhardia*, 豆科的 *Dalbergia* 数种, 鼠李科的 *Alphitonia*, 桃金娘科的 *Syzygium*, 茜草科的 *Wendlandia*, 马钱科的 *Strychnos*, 木犀科的 *Osmanthus*, *Ligustrum*, 紫金牛科的 *Ardisia*, 山茶科的 *Eurya* 等组成的常绿阔叶林(陶君容等 1982)。在福建南部佛昙群下部地层中发现的一些化石(宋之琛等 1983), 植物虽不丰富, 但组成的科以番荔枝科的分子为主, 缺乏温带植物成分。台湾台北东南石碇的石底组煤田发现的植物化石以樟科最丰富(种及个体数量均多), 还有壳斗科的常绿属种 *Castanopsis*, *Pasinia* 等, 并有荊竹属 *Bambusa* 刚竹属 *Phyllostachys* 及低纬度分布的风丫蕨属 *Coniogramme*(宋之琛等 1983), 该植物区表现了亚热带至热带的气候环境。在沿海海岸出现以海桑科为主的红树林植被(Sun et al. 1981)。本区主要化石属是: *Magnolia*, *Uvaria*, *Annona*, *Cinnamomum*, *Lindera*, *Litsea*, *Nothaphoebe*, *Ficus*, *Castanopsis*, *Lithocarpus*, *Quercus*, *Alnus*, *Betula*, *Carpinus*, *Myrica*, *Engelhardia*, *Juglans*, *Populus*, *Ardisia*, *Cotoneaster*, *Sorbus*, *Albizia*, *Dalbergia*, *Desmodium*, *Gleditsia*, *Pueraria*, *Robinia*, *Sophora*, *Syzygium*, *Trapa*, *Rhus*, *Pistacia*, *Acer*, *Meliosma*, *Alangium*, *Koelreuteria*, *Euonymus*, *Berchemia*,

Ligustrum, *Eurya*, *Osmanthus*, *Strychnos*, *Wendlandia* 等。

5. 西藏和云南高原亚热带山区常绿和落叶阔叶混交林区: 本区由于青藏高原在新第三纪时已抬升至相当高度, 呈现亚热带山区的植被特点。在西藏以南木林、噶尔县门士县野马沟及芒康、云南西北部的剑川、洱源、兰坪等地所产植物化石(中国科学院植物研究所等 1978, 陶君容等 1982; 耿国仓等 1982), 有 *Sabina*, *Cedrus*, *Thuja*, *Pinus*, *Populus*, *Salix*, *Betula*, *Alnus*, *Carpinus*, *Corylus*, *Juglans*, *Quercus* 属的高山栎类多种、*Ulmus*, *Tilia*, *Lonicera*, *Alangium*, *Crataegus*, *Spiraea*, *Thermopsis*, *Acer*, *Rhododendron*, *Sassafras* 等, 此区东部尚残留少数早期具有的绝灭植物 *Dryophyllum* 等(图 2)。

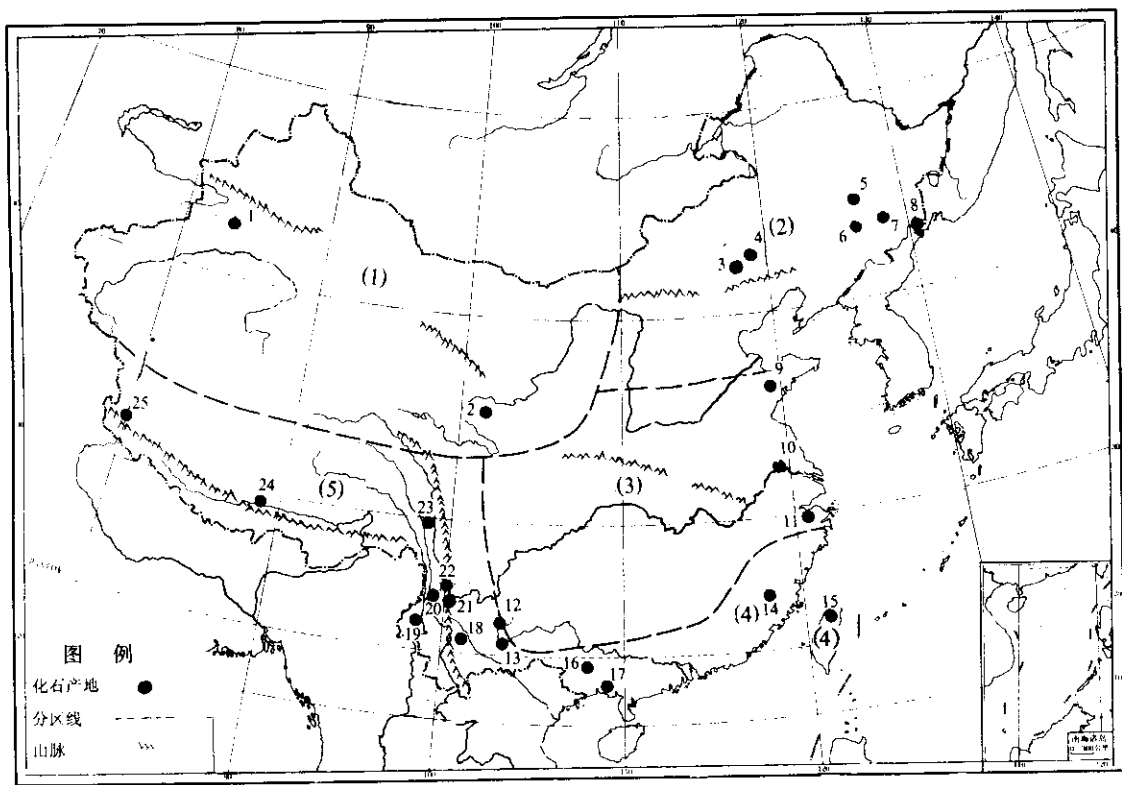


Fig.2 Neogene Floristic regions of China

1. Kuqa of Xinjiang; 2. Zèkog of Qinghai; 3. Weichang of Hebei; 4. Chifeng of Nei Monggol; 5. Shulan of Jilin; 6. Yongji of Jilin; 7. Dunhua of Jilin; 8. Hunchun of Jilin; 9. Shanwang of Shandong; 10. Lube of Jiangsu; 11. Shengxian of Zhejiang; 12. Yiliang of Yunnan; 13. Xizolong-tan of Yunnan; 14. Fotan of Fujian; 15. Shidian-Xian of Taiwan; 16. Nanning of Guangxi; 17. Hepu of Guangxi; 18. Lincang of Yunnan; 19. Tengchong of Yunnan; 20. Lanping of Yunnan; 21. Eryan of Yunnan; 22. Jianchuan of Yunnan; 23. Markam of Xizang; 24. Namling of Xizang; 25. Garxian of Xizang.

(1) Temperate forests and grasslands to semidesert-desert floras of northwestern China

(2) Warm temperate deciduous forests of north and northeastern China

(3) Warm temperate to subtropical deciduous and evergreen forests of central and east China

(4) Evergreen forests of the subtropics and tropics mangrove vegetation of south China

(5) Subtropical evergreen and deciduous forests on the Yunnan and Xizang plateau

第三阶段的五个区也许还可进一步划分亚区, 这必须进一步研究各地区的植物化石

材料,方可获得划分的依据,这将是我們继续研究的范围。

我国第四纪的植物大化石研究极少,根据孢粉资料第四纪的植物区系组成和晚上新世的区别不大,亦更接近于现代生存的面貌。此时,植物演化的速度更快,主要在温度摆动和下降及海平面的上升和下降、尤其是喜马拉雅山系及青藏高原的迅速抬升、地形的变化等均是影响植物分布的因素。对第四纪的植物大化石有待进一步研究后,结合孢粉分析研究资料再提出划分的范围。

表1列出我国从晚白垩纪至第三纪主要属的地史分布表。对于这个名录中的各属,随今后研究工作的深入将会有增补与更改。

参 考 文 献

- [1] 中国科学院植物研究所、南京地质古生物研究所, 1978: 中国植物化石(第三册)中国新生代植物。科学出版社, 北京。
- [2] 王鸿祯主编, 1985: 中国古地理图集。地图出版社, 64页。
- [3] 刘耕武, 1986: 山旺临朐山旺尧山组孢粉组合。古植物学与孢粉学论文集, 第1号。江苏科学技术出版社。65—84。
- [4] 李浩敏等, 1987: 江苏南京地区晚第三纪植物。古生物学报, 26(5): 563—575。
- [5] 吴征镒、王荷生, 1983: 中国自然地理——植物地理(上册)。科学出版社, 北京。
- [6] 宋之琛、曹流、李曼莫, 1964: 山东第三纪孢粉组合。中国科学院地质古生物研究所集刊, 第三号。179—290。
- [7] 宋之琛、李浩敏等, 1983: 我国中新世植物区系。中国古生物地理区系。科学出版社, 北京。178—185。
- [8] 陈明洪、孔昭宸、陈晔, 1983: 川西高原早第三纪植物群的发现及其在植物地理学上的意义。植物学报, 25(5): 482—491。
- [9] L. A. 弗雷克斯著, 赵希涛等译, 1984: 地质时代的气候。海洋出版社。206—284页。
- [10] 张志诚, 1985: 东北北部白垩纪被子植物的基本发展阶段。古生物学报, 24(4): 453—460。
- [11] 张志诚, 1986: 内蒙古昭盟平庄第三纪植物化石。中国地质科学院沈阳地质矿产研究所所刊, 第14号。117—124。
- [12] 郭双兴, 1983: 我国晚白垩纪和第三纪植物地理区与生态环境的探讨。中国古生物地理区系。科学出版社, 北京。
- [13] 郭双兴等, 1984: 新疆阿勒泰古新世植物群。中国科学院南京地质古生物研究所丛刊, 第8号。119—137。
- [14] 陶君容, 1965: 陕西渭南晚始新世植物群。植物学报, 13(3): 272—278。
- [15] 陶君容、孙湘君, 1980: 黑龙江林甸县白垩纪的植物化石和孢粉组合。植物学报, 22(1): 75—79。
- [16] 陶君容、杜乃秋, 1982: 云南腾冲新第三纪植物群及时代。植物学报, 24(3): 273—281。
- [17] 陶君容、熊宪政, 1986: 黑龙江晚白垩世植物区系及东亚、北美区系的关系。植物分类学报, 24(1): 1—15。24(2): 121—135。
- [18] 陶君容, 1987: 西藏拉孜县柳区组植物化石组合及古气候意义。中国科学院地质研究所集刊, 第3号。科学出版社, 北京。223—238。
- [19] 陶君容、刘祥品等, 1989: 云南丽江老第三纪植物及古气候意义。方文培教授诞辰九十周年纪念论文集。成都科技大学出版社。
- [20] 陶君容、张川波, 1990: 吉林省延吉盆地早白垩世被子植物化石。植物学报, 32(3): 220—229。
- [21] 耿国仓、陶君容, 1982: 西藏第三纪植物的研究。青藏高原科学考察丛书。西藏古生物(第五分册)。科学出版社, 北京。110—125。
- [22] Li Haomin, 1984: Neogene floras from Eastern Zhejiang, China. The Evolution of the East Asian Environment. vol. II. Centre of Asian Studies University of Hong Kong. 461—465。
- [23] Hsü Ren, 1983: Late Cretaceous and Cenozoic vegetation in China, emphasizing their connections with North America. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 70: 490—508。
- [24] Tanai, T. 1972: Tertiary history of vegetation in Japan. Floristics and Paleofloristics of Asia and Eastern North America. Elsevier Publishing Company, Amsterdam。
- [25] Красилов. В. А. 1976: Цагаанская Флора Амурской Области. Издательство «Наука» Москва. pp. 7—22。